AUS DER MEDIZINISCHEN ABTEILUNG DES STÄDTISCHEN
KRANKENHAUSES ALTONA
DIREKTOR: PROFESSOR DR. LICHTWITZ

# ARBEIT UND BLUTZUCKER

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
IN DER
MEDIZIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE
DER
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT ZU GÖTTINGEN

VORGELEGT
VON

**GERTRUD LILLIE**
ASSISTENZÄRZTIN AM STÄDT. KRANKENHAUS IN ALTONA

VERLAGSBUCHHANDLUNG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN
1917

Der medizinischen Fakultät der Universität Göttingen
vorgelegt am 6. Juli 1917

Referent: Herr Professor Dr. Jensen

---

Die Drucklegung ist seitens der Fakultät genehmigt.

Nachdem Weiland[1]) als Gegenstück zu der Hyperglykämie im Fieberstoffwechsel die Hypoglykämie beim erhöhten Kohlehydratumsatz durch intensive Muskelarbeit gefunden hatte, konnte Lichtwitz[2]) nachweisen, daß die Hypoglykämie doch nicht so gesetzmäßig eintritt, wie es nach Weilands Untersuchungen schien. Freilich war in dem einen der sechs Fälle Weilands auch bereits „ein merklicher Unterschied nicht vorhanden". Lichtwitz[2]) konnte demgegenüber eine vorübergehende Hyperglykämie nach kurzdauernder, intensiver Arbeit bei Gesunden feststellen und konnte durch Ausdehnung der Untersuchungen auf Diabetiker nachweisen, daß die Hyperglykämie nach körperlicher Anstrengung in leichten wie in schweren Fällen von Diabetes vorkommt und daß mit der Entzuckerung die Art der Beeinflussung des Blutzuckers durch Arbeit sich in einigen Fällen änderte. Die Befunde von Lichtwitz wurden weiter bestätigt durch eine Arbeit von Zachariae[3]) aus der medizinischen Klinik in Göttingen, der eine Anzahl von Fällen unter der gleichen Versuchsanordnung zusammenstellte.

Den Untersuchungen dieser Verfasser steht eine Arbeit von Bürger[4]) gegenüber, der eine andere Versuchsanordnung anwandte, indem er statt der von den früheren Verfassern gewählten einmaligen kurzdauernden Anstrengung seinen Versuchspersonen im nüchternen Zustande eine stundenlange, meßbare Arbeitsleistung auferlegte und darauf in Abständen nach der Arbeit verschiedene Blutzuckerbestimmungen vornahm. Bürger kommt auf Grund seiner Versuchsanordnung zu dem Ergebnis, daß in den Fällen einer anfänglichen Erhöhung des Blutzuckers nach der Arbeit meist ein erheblicher Abfall folgt, den er durchschnittlich in der vierten Stunde nach der Arbeit am größten fand.

Ich habe nun an einer größeren Anzahl von Versuchspersonen, Diabetikern und Nichtdiabetikern, die Wirkung kurzdauernder, inten-

siver Arbeit auf den Blutzuckergehalt geprüft, um durch Vergleich eines größeren Materials zu der Sichtung der Frage beizutragen: Liegt eine gesetzmäßige Verschiebung des Blutzuckers durch Einfluß der Arbeit vor oder nicht, in welchem Sinne bewegt sie sich und worauf ist sie zurückzuführen?

Die Untersuchungen wurden morgens im nüchternen Zustande der Versuchspersonen unternommen. Es wurde an einem Gärtnerschen Ergostaten gearbeitet unter Belastung desselben je nach dem Kräftezustande des Arbeitenden; als uns aus äußeren Gründen ein Ergostat nicht mehr zur Verfügung stand, ließen wir die Leute mit befriedigendem Erfolge hanteln unter gleichzeitigem Kniebeugen, eine Übung, bei der gleichfalls ausgedehnte Muskelgruppen in Tätigkeit sind. Es wurde bis zur Ermüdung gearbeitet, und die Blutentnahmen fanden kurz vor der Arbeit und im Anschluß an dieselbe statt. In einer Anzahl von Fällen wurde eine dritte Blutentnahme $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit gemacht, während welcher Zeit die Leute nüchtern blieben. Niemals fand die letzte Blutentnahme später als 11 Uhr am Morgen statt, um nicht durch zu lange Enthaltung der Nahrungszufuhr unphysiologische Verhältnisse im Stoffwechsel zu schaffen. Die Blutproben wurden sofort verarbeitet. Die Zuckerbestimmung wurde im Vollblut durch Enteiweißung mit kolloidalem Eisenoxyd, Eindampfen im Vakuum bei 40° und Titration nach Bertrand ausgeführt.

I. Untersuchungen an Fällen von Diabetes und Glykosurie.

1. 20. VI. 16. Pat. Sch., Arbeiter, 30 J. Bei Ruhe 0,399%, nach Arbeit 0,455% Blutzucker. + 14% Änderung des Ruhewertes. Diabetes melitus, mittelschwer. Schwächlicher Mann von 169 cm Größe, $56^1/_2$ kg Körpergewicht. Untersuchung am Tage der Aufnahme, Zuckerausscheidung 180 g, starke Acidose. Arbeit am Ergostaten 2 Min.

22. VII. Derselbe. Bei Ruhe 0,232%, nach der Arbeit 0,229% Blutzucker. — 1,3% Änderung des Ruhewertes. Die Zuckerausscheidung ist bei strenger Kost auf 9,2 g (0,4%) gesunken, starke Acidose. Körpergewicht 59 kg. Arbeit am Ergostaten 7 Min.

15. VIII. Derselbe. Bei Ruhe 0,249%, nach Arbeit 0,209% Blutzucker. — 16% Änderung des Ruhewertes. Bei strenger Kost an der Grenze der Zuckerausscheidung (0—4 g), geringe Acidose. Körpergewicht 60 kg. Arbeit am Ergostaten 5 Min.

2. 24. VI. Pat. M., Musketier, 26 J. Bei Ruhe 0,098%, nach Arbeit 0,071% Blutzucker. — 27% Änderung des Ruhewertes. Diabetes melitus, schwerer Fall; seit Mitte Sept. 1915 in Behandlung, keine Entzuckerung erreicht. Schwächlicher Mann von 166 cm Größe, $55^1/_2$ kg Körpergewicht. Zuckerausscheidung bei strenger Kost $2^1/_2$% ($38^1/_2$ g) am Tage der Untersuchung, starke Acidose. Arbeit am Ergostaten 2 Min.

21. VIII. Derselbe. Bei Ruhe 0,084%, nach Arbeit 0,108% Blutzucker. + 28% Änderung des Ruhewertes. Zuckerausscheidung nicht wesentlich herabgegangen trotz strenger Kost, Einlegen von Gemüsetagen und Hafertagen; $1^1/_2$% Zucker, Acidose. Körpergewicht $52^1/_2$ kg. Arbeit am Ergostaten 2 Min.

3. 25. VIII. Pat. Z., Landsturmmann, 44 J. Bei Ruhe 0,368, nach Arbeit 0,358%. — $2^1/_2$% Änderung des Ruhewertes. Diabetes melitus, mittelschwer. Mäßig kräftiger Mann von 169 cm Größe, 61 kg Körpergewicht. Zuckerausscheidung 342 g (8%), geringe Acidose. Untersuchung im unbehandelten Zustande. Arbeit am Ergostaten 2 Min. (starke Ermüdung).

14. IX. Derselbe. Bei Ruhe 0,219%, nach Arbeit 0,210% Blutzucker.

— 4% Änderung des Ruhewertes. Zuckerausscheidung bei strenger Kost auf 0,2% (4,8 g) gesunken, stärkere Acidose. Körpergewicht 62½ kg. Arbeit am Ergostaten 6 Min.

25. IX. Derselbe. Bei Ruhe 0,149%, nach Arbeit 0,137% Blutzucker. — 8% Änderung des Ruhewertes. Seit dem 15. IX. zuckerfrei bei strenger Kost, geringe Acidose. Körpergewicht 61½ kg. Arbeit am Ergostaten 4 Min.

4. 5. VII. Pat. Kr., Dragoner, 20 J. Bei Ruhe 0,055%, nach Arbeit 0,086% Blutzucker. + 56% Änderung des Ruhewertes. Diabetes melitus, im Aufnahmezustande (28. III. 16) 10—12 l Harn, bis zu 650 g Zuckerausscheidung. Am 22. IV. ist positive Kohlehydratbilanz erreicht. Langsame Entzuckerung, die am 5. V. erreicht ist; geringe Acidose. Am Untersuchungstage noch geringer Kräftezustand. Körpergewicht 55 kg, Größe 163 cm. Toleranz von 48 g Kohlehydrat, keine Acidose. Arbeit am Ergostaten 2½ Min.

7. X. Derselbe. Bei Ruhe 0,184%, nach Arbeit 0,152% Blutzucker. — 17% Änderung des Ruhewertes. Pat. war dauernd zuckerfrei mit Toleranz von 62 g Kohlehydraten. Nach Diätfehler (?) am 6. X. 72 g Zuckerausscheidung. Am Untersuchungstage noch 17 g Zucker bei strenger Kost. Körpergewicht 61 kg. Arbeit am Ergostaten 9 Min. Pat. wurde mit 48 g Toleranz an Kohlehydraten entlassen.

5. 2. X. Pat. Dr., Kind, 11 J. Bei Ruhe 0,348%, nach Arbeit 0,353% Blutzucker. + 1,3% Änderung des Ruhewertes. Diabetes melitus, schwerer Fall. Sehr reduzierter Zustand, Größe 141 cm, Körpergewicht 28 kg. Untersuchung im unbehandelten Zustande. Zuckerausscheidung am 2. X. 74 g (7,4%), beträchtliche Acidose. Arbeit am Ergostaten 5 Min. ohne Belastung.

6. 1. VI. 17. Pat. Schw., Kanonier, 35 J. Bei Ruhe 0,252%, nach Arbeit 0,253%, 2 Stunden nach der Arbeit 0,259% Blutzucker. + 2½% Änderung des Ruhewertes. Diabetes melitus, mittelschwer. Schwächlicher Mann von 52½ kg Körpergewicht. Am Untersuchungstage bei 145 g Kohlehydrataufnahme 90 g Zuckerausscheidung, geringe Acidose. Arbeit 11 Min., mäßig intensiv, darauf starke Ermüdung.

7. 18. VII. 16. Pat. Sch., Frau, 65 J. Bei Ruhe 0,331%, nach Arbeit 0,343% Blutzucker. + 3½% Änderung des Ruhewertes. Arteriosklerose mit Glykosurie. Mittelgroße Frau in geringem Kräftezustand, Körpergewicht 65 kg. Bei der Aufnahme Glykosurie von 44½ g (4,2%). Untersuchung in unbehandeltem Zustand. Arbeit am Ergostaten bei minimaler Belastung 2 Min.

8. 8. VII. Pat. Gr., Frau, 42 J. Bei Ruhe 0,150%, nach Arbeit 0,110% Blutzucker. — 26½% Änderung des Ruhewertes. Basedow (mittelschwer) mit Glykosurie. Kräftige Frau von 161 cm Größe, 80 kg Körpergewicht. Psychisch sehr labil, Glykosurie von ½—1½% (3—11 g). Arbeit am Ergostaten kaum 2 Min.

9. 28. VIII. Pat. H., Bergmann, 41 J. Bei Ruhe 0,132%, nach Arbeit 0,150% Blutzucker. + 13½% Änderung des Ruhewertes. Adipositas, Glykosurie. Sehr dicker Mann mit Emphysem-Thorax, wenig leistungsfähig. Größe 168 cm, Körpergewicht 102½ kg. Glykosurie seit 7 Jahren, am Untersuchungstage 1,2% (16,8 g). Arbeit am Ergostaten 2 Min., darauf starke Erschöpfung.

10. 28. VI. Pat. B., Knecht, 57 J. Bei Ruhe 0,109%, nach Arbeit 0,131% Blutzucker. + 20% Änderung des Ruhewertes. Glykosurie. Mäßig kräftiger Mann mit Emphysem-Thorax, neurasthenischen Beschwerden. Größe 156 cm, Körpergewicht 56½ kg. Toleranz von 113 g Kohlehydraten. Am Tage der Untersuchung zuckerfrei. Arbeit am Ergostaten 8 Min.

11. 18. VIII. Dr. Schl. Bei Ruhe 0,124%, nach Arbeit 0,129% Blutzucker. + 4% Änderung des Ruhewertes. Glykosurie. Mittelgroßer Mann, grazil ge-

baut. Erschöpfungszustand durch Anstrengungen im Felde. Arbeit am Ergostaten intensiv.

12. 23. IX. Pat. Br., Rottenführer, 40 J. Bei Ruhe 0,131%, nach Arbeit 0,112% Blutzucker. — 14½% Änderung des Ruhewertes. Glykosurie. Mittelkräftiger Mann mit neurasthenischen Beschwerden. Minimale Zuckerausscheidung; Toleranz von 75 g Traubenzucker. Größe 164 cm, Körpergewicht 64 kg. Am Untersuchungstage 0,25% Zucker. Arbeit am Ergostaten 15 Min.

16. X. Derselbe. Bei Ruhe 0,110%, nach Arbeit 0,123% Blutzucker. + 12% Änderung des Ruhewertes. Zucker in nicht meßbaren Spuren. Arbeit am Ergostaten 15 Min.

13. 9. VI. 17. Pat. A., Landsturmmann, 43 J. Bei Ruhe 0,139%, 1¾ Stunden nach der Arbeit 0,136% Blutzucker. — 2% Änderung des Ruhewertes. Muskelkräftiger Mann mit neurasthenischen Beschwerden, 64 kg Körpergewicht. Zur Zeit keine Zuckerausscheidung. Arbeit 8 Min. intensiv, starke Erschöpfung.

Die Untersuchungen an Personen mit gestörtem Kohlehydratstoffwechsel ergeben kein einheitliches Verhalten des Blutzuckers im Anschluß an die Arbeit. Die Fälle 3, 5, 6, 7, 11 weisen nur minimale Abweichungen vom Ruhewert auf. In den übrigen Fällen ist ein erheblicher Unterschied im Sinne der Erhöhung oder Erniedrigung des Blutzuckers im Anschluß an die Arbeit vorhanden. In Fall 1 tritt an Stelle der beträchtlichen Hyperglykämie nach der Arbeit auf der Höhe des Diabetes eine ebenso erhebliche Abnahme des Blutzuckers nach der Entzuckerung. Daß diese Verschiedenheit der Reaktion nicht in Beziehung zum Stadium des Diabetes zu setzen ist, geht schon aus einem Vergleich der zweiten und dritten Bestimmung in Fall 1 hervor, die bei ungefähr gleicher Arbeitsleistung sehr verschiedene Ausschläge ergeben. Ebenso zeigt Fall 2 zu klinisch kaum verschiedenen Zeiten eine erheblich verschiedene Reaktion. Fall 3 reagiert in sehr verschiedenen Stadien des Diabetes stets in gleicher, wenig ausgiebiger Weise. Sowohl klinisch wie in bezug auf das Verhalten des Blutzuckers interessant ist Fall 4. Pat. wurde in schwerstem Zustande mit Zeichen des Coma diabeticum (Hypotonie der Bulbi) aufgenommen. Die Entzuckerung ließ sich ohne Rückschlag erreichen und blieb dauernd bis auf die vorübergehende Glykosurie nach Diätfehler zur Zeit der zweiten Blutuntersuchung. Pat. reagiert einmal mit Erhöhung, zur Zeit der Glykosurie mit Erniedrigung des Blutzuckers im Anschluß an die Arbeit. Auffallend ist der bei der ersten Untersuchung niedrige Wert des Blutzuckers bei Ruhe, der erheblich unter dem Normalwert liegt. Fall 6 zeigt keine Reaktion im Anschluß an die Arbeit, eine dritte Bestimmung 2 Stunden nach der Arbeit ergibt eine minimale Differenz im Sinne der Erhöhung. Die Fälle von Glykosurie zeigen erhebliche Differenzen im Sinne der Erhöhung oder Erniedrigung im Anschluß an die Arbeit. Es handelte sich in fast allen Fällen um zur Zeit wenig leistungsfähige Leute; bei fast allen fand sich außerdem im Krankenblatt eine Bemerkung über neurasthenische Beschwerden verzeichnet.

Diesen klinisch gleichartigen Fällen steht Fall 11 gegenüber, der, verhältnismäßig leistungsfähig, im Anschluß an intensive Arbeit einen minimalen Ausschlag nach oben zeigt. In Fall 13 ging leider die erste Bestimmung nach der Arbeit verloren, der Zuckerwert $1^3/_4$ Stunden nach der Arbeit zeigt kaum eine Differenz gegen den Ruhewert.

II. Untersuchungen an Nichtdiabetikern.

14. 19. IX. 16. Pat. D., Maschinenputzer, 28 J. Bei Ruhe 0,123%, sofort nach der Arbeit 0,114% Blutzucker. — 7,3% Änderung des Ruhewertes. Kräftiger Mann, wegen Sykosis barbae in Behandlung. Arbeit am Ergostaten 6 Min.

15. 21. IX. Pat. De., Schlachter, 34 J. Bei Ruhe 0,074%, sofort nach der Arbeit 0,123%. + 66% Änderung des Ruhewertes. Lues. Mäßig kräftiger Mann von 166 cm Größe, Körpergewicht 56 kg. Nach der Arbeit am Ergostaten starke Ermüdung.

16. 26. X. Pat. Kl., Handlungsgehilfe, 19 J. Bei Ruhe 0,096%, sofort nach der Arbeit 0,122%. + 27% Änderung des Ruhewertes. Asthenischer Habitus, sehr vasomotorisch, psychisch labil. Größe 164 cm, Körpergewicht 59 kg. Arbeit am Ergostaten 10 Min.

17. 28. X. Pat. Schw., 18 J. Bei Ruhe 0,103%, sofort nach der Arbeit 0,108%. + 5% Änderung des Ruhewertes. Anämie, Verdacht auf Störung der Hypophysenfunktion. Schwächlicher Patient. Arbeit am Ergostaten 4 Min.

18. 4. XI. Cand. med. S., 22 J. Bei Ruhe 0,098%, sofort nach der Arbeit 0,102%. + 4% Änderung des Ruhewertes. Gesund, kräftig. Arbeit am Ergostaten 9 Min.

19. 8. XI. Landsturmmann He., 34 J. Bei Ruhe 0,128%, sofort nach der Arbeit 0,098%. — 23% Änderung des Ruhewertes. Akromegalie. Kräftig gebaut, muskulös, seit $^1/_4$ Jahr in Lazarettbehandlung. Arbeit am Ergostaten 6 Min.

20. 13. IV. 17. Schr., Landsturmmann, 41 J. Bei Ruhe 0,074, sofort nach der Arbeit 0,088%. + 19% Änderung des Ruhewertes. Neurasthenie, Polyurie. Großer, kräftiger Mann mit 72 kg Körpergewicht. Arbeit 6 Min., sehr intensiv.

21. 16. IV. De., Ers.-Res., 33 J. Bei Ruhe 0,076%, sofort nach der Arbeit 0,090%. + 18% Änderung des Ruhewertes. Status post Nephritim. Mittelkräftiger Mann mit 60 kg Körpergewicht. Arbeit 8 Min., intensiv.

22. 19. IV. R., Landsturmmann, 45 J. Bei Ruhe 0,088%, sofort nach der Arbeit 0,074%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,072%. — 16% resp. — 18%. Änderung des Ruhewertes. Carcinoma ventriculi, radikal operiert. Kleiner, schwächlicher Mann. Arbeit 6 Min., mäßig intensiv. Starke Ermüdung.

23. 20. IV. Ba., Musketier, 26 J. Bei Ruhe 0,088%, sofort nach der Arbeit 0,100%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,085%. + 14% resp. — 3,4% Änderung des Ruhewertes. Status post Nephritim. Mittelkräftiger Mann mit 67 kg Körpergewicht. Arbeit 5 Min., sehr intensiv.

24. 24. IV. P., Musketier, 19 J. Bei Ruhe 0,079, sofort nach der Arbeit 0,097%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,080%. + 23% resp + 1% Änderung. des Ruhewertes. Status post Nephritim. Mäßig kräftiger Mann mit 59 kg Körpergewicht. Arbeit 9 Min., mäßig intensiv.

25. 25. IV. Kro., Musketier, 31 J. Bei Ruhe 0,085%, sofort nach der Arbeit 0,087%, $1^1/_2$—2 nach der Arbeit 0,094%, + $2^1/_3$% resp. + $10^1/_2$% Änderung des Ruhewertes. Status post Nephritim. Schwächlicher Mann mit 54 kg Körpergewicht. Arbeit 8 Min., mäßig.

26. 14. V. Fr., Bergmann, 21J. Bei Ruhe 0,084%, sofort nach der Arbeit 0,092%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,079%. + $9^1/_2$% resp. — 6% Änderung des Ruhewertes. Lymphomatose. Großer, kräftig gebauter Mann mit $67^1/_2$ kg

Körpergewicht, mäßig leistungsfähig. Arbeit 5 Min. Am Untersuchungstage nachmittags Temperaturanstieg auf 38°.

27. 15. V. Pat. H., Gelegenheitsarbeiter, 33 J. Bei Ruhe 0,098%, sofort nach der Arbeit 0,095%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,092%. — 3% resp. — 6% Änderung des Ruhewertes. Arthritis chronica. Kleiner, schwächlicher Mann mit 54 kg Körpergewicht. Versteifung des rechten Kniegelenkes. Arbeit 7 Min., wenig ausgiebig.

28. 17. V. S., Musketier. Bei Ruhe 0,097%, sofort nach der Arbeit 0,096%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,102%. — 1% resp. + 5% Änderung des Ruhewertes. Nephrolithiasis. Kräftig gebauter Mann mit 71 kg Körpergewicht. Arbeit 10 Min., intensiv. Nach der Arbeit starke Eiweißausscheidung.

29. 18. V. Ha., Musketier. Bei Ruhe 0,087%, sofort nach der Arbeit 0,110%, Blutzucker. + 26% Änderung des Ruhewertes. Status post Nephritim. Kleiner, schwächlicher Mann mit 60 kg Körpergewicht. Arbeit 5 Min., sehr intensiv. Während der zweiten Blutentnahme leichter Kollaps (Neigung zu Ohnmachten).

30. 22. V. Si., Musketier. Bei Ruhe 0,093%, sofort nach der Arbeit 0,087%, $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit 0,091% Blutzucker. — $6^1/_2$% resp. — 2% Änderung. des Ruhewertes. Malaria, fieberfrei. Großer, kräftig gebauter Mann, noch mäßig leistungsfähig. Arbeit 5 Min., wenig intensiv, starke Ermüdung.

Die Untersuchungen an Personen mit intaktem Kohlehydratstoffwechsel ergeben gleichfalls Resultate teils im Sinne der Erhöhung, teils im Sinne der Erniedrigung im Anschluß an die Arbeit und in einigen Fällen das Fehlen eines deutlichen Ausschlages. Dieses letztere Verhalten möchten wir in den Fällen 18 und 28, in denen es sich um muskelkräftige, intensiv arbeitende Versuchspersonen handelte, der Beobachtung von Lichtwitz[2]) über das Verhalten des Blutzuckers bei Geübten (siehe dort Fall 7) an die Seite stellen. Die Blutzuckerbestimmungen $1^1/_2$—2 Stunden nach der Arbeit, die wir, wie in einigen Fällen Lichtwitz[2]) und wie in allen seinen Fällen Bürger[4]), ausführten, ergaben nur in Fall 22 ein Anhalten der anfänglichen Senkung noch 1 Stunde 40 Minuten nach der Arbeit. In den Fällen mit beträchtlicher Erhöhung, in denen eine wiederholte Untersuchung vorgenommen wurde (Fall 23 und 24), hatte beide Male ein Absinken auf geringe Differenz vom Ruhewerte stattgefunden. In den übrigen Fällen (25, 26, 27, 28, 30) fanden sich bei minimalen Schwankungen zwischen Ruhewert und erstem Arbeitswert ebenso geringe Differenzen zwischen 1. und 2. Arbeitswert. Nur in Fall 25 fand eine bedeutendere Zunahme gegen den Ruhewert statt.

Die Zusammenstellung aller von uns untersuchten Fälle ergibt ein Verhalten nach drei Richtungen hin: Einmal eine Erhaltung der Konzentration im Blut bis auf minimale Schwankungen, zweitens eine Abnahme des Blutzuckers sofort nach der Arbeit und drittens eine anfängliche Zunahme, die sich im Laufe der nächsten 2 Stunden in den daraufhin untersuchten Fällen wieder ausglich. Die von uns gewählte Versuchsanordnung einer kurzdauernden Arbeit bei nicht übermäßig lange unterbundener Nahrungszufuhr läßt spontane Änderungen des Blutzuckergehaltes weitgehend ausschließen. Andererseits ist das

Ausbleiben des Ausschlages im Blute nicht auf unzureichenden Arbeitseinfluß zurückzuführen, wie die Fälle 2, 4, 8, 24 zeigen, in denen nach verhältnismäßig geringer Leistung bedeutende Änderungen auftraten. Die Blutzuckerwerte nach der Arbeit lassen sich demnach unter Ausschluß störender Einflüsse auffassen als Ausschläge, die das Blut aufweist in seiner Eigenschaft als Bindeglied zwischen den Organen mit einem stark schwankendem Zuckergehalt — infolge des Arbeitseingriffes. Wir möchten jedoch ein Schwanken des Ruhewertes innerhalb 10% nach beiden Richtungen des gefundenen Betrages nicht zu hoch bewerten, da wir, um Änderungen in biochemischen Systemen festzustellen, eine gewisse Reaktionsbreite auch im Ruhestadium gelten lassen müssen.

Unter diesen Gesichtspunkten fassen wir die von uns untersuchten Fälle zusammen in

| | bei Diabetikern I | bei Nichtdiabetikern II |
|---|---|---|
| 1. Befunde mit Schwankungen innerhalb des Ruhewertes (± 10%) . . . . . | 8 | 8 |
| 2. Befunde mit Erniedrigung über 10% . . | 5 | 2 |
| 3. Befunde mit Erhöhung über 10% . . . . | 6 | 7 |

Stellen wir entsprechend unseren Befunden die Fälle von Lichtwitz[2]) und von Zachariae[3]) zusammen, da ihnen die gleiche Versuchsanordnung zugrunde liegt, so ergeben sich:

in den von Lichtwitz untersuchten Fällen

| | bei Diabetikern | bei Nichtdiabetikern |
|---|---|---|
| 1. Befunde mit Schwankungen innerhalb 10% des Ruhewertes . . . . | 3 | 0 |
| 2. Befunde mit Erniedrigung über 10% | 7 | 6 (davon einmal erst Senkung n. 1 St. bei anfängl. Erhöhung um 3%). |
| 3. Befunde mit Erhöhung über 10% | 3 | 1 (Erhöhung um 12%, n. 50 Min. Abfall zu — 7½%) |

in den von Zachariae untersuchten Fällen

| | bei Diabetikern | bei Nichtdiabetikern |
|---|---|---|
| 1. Befunde mit Schwankungen innerhalb 10% des Ruhewertes . . . . | 5 | 4 |
| 2. Befunde mit Erniedrigung über 10% | 3 | 13 |
| 3. Befunde mit Erhöhung über 10% . | 5 | 4 |

Dabei läßt sich kein wesentlich verschiedenes Verhalten zwischen den Versuchspersonen mit gestörtem und denen mit intaktem Kohlehydratstoffwechsel feststellen. Unter Zusammenfassung des ganzen Materials ergeben sich in 86 Untersuchungen im Anschluß an die Arbeit

29 Befunde mit Schwankungen innerhalb 10% des Ruhewertes
36 Befunde mit Erniedrigung über 10%
22 Befunde mit Erhöhung über 10%.

Die Verschiedenheit der Reaktionen, die sich selbst auf Untersuchungen bei ein und demselben Individuum erstreckt (vgl. Fall 1, 2, 4, 12), wird verständlich aus der Überlegung, wie kompliziert die Beziehungen zwischen Zuckerverbrauch aus dem Blute und Glykogenolyse aus dem Leberdepot zur Wiederauffüllung des Blutzuckers sein müssen. Bürger[4]) hat bei seinen Untersuchungen den Versuchspersonen in Kilogrammetern angegebene Arbeitsleistungen auferlegt, so daß der für die Arbeit erfolgte Kohlehydratverbrauch in den einzelnen Fällen sich ungefähr berechnen läßt. Setzen wir als Nutzeffekt der Arbeitsleistung 25%, so ergibt sich als Gesamtleistung das Vierfache der angegebenen Kilogrammeter. In Fall 4 der Arbeit Bürgers beträgt also der Gesamtumsatz der Versuchspersonen 98 476 mkg oder etwa 230 Calorien, die einem Zuckerverbrauch von etwa 57 g entsprechen würden. In den folgenden Fällen ergibt die Umrechnung einen Zuckerverbrauch von

| | | |
|---|---|---|
| Fall | 5 . . . . . | 60 g |
| „ | 6 . . . . . | 65 „ |
| „ | 7 . . . . . | 71 „ |
| „ | 8 . . . . . | 59 „ |
| „ | 9 . . . . . | 89 „ |
| „ | 10 . . . . . | 53 „ |
| „ | 11 . . . . . | 48 „ |
| „ | 12 . . . . . | 46 „ |

Nehmen wir an, daß beim Zuckerverbrauch in den Fällen von Hypoglykämie nach der Arbeit eine einfache prozentuale Abnahme im Blut wie in den Depots erfolgte, so kommen wir zu folgenden Ergebnissen: In Fall 4[4]) entspricht ein Verbrauch von 15% Blutzucker bei einem Plasmagehalt von 0,108 g in 100 ccm einem Gesamtverbrauch von etwa 0,8 g in 5 l Blut. Da insgesamt 57 g Zucker verbraucht sind, müßten also mindestens 56 g aus den übrigen Depots geliefert sein; bei gleichem prozentualem Verbrauch ergäbe sich daraus ein Vorrat von 378 g in den als Depots dienenden Geweben Leber und Muskulatur. Da sich der Gehalt auf beide etwa gleich verteilt, würde für die Leber allein ein Gehalt von 189 g Glykogen resultieren, das wäre bei einem Lebergewicht von 1500 g, das wir bei dem mittelkräftigen Mann von

50,4 kg Körpergewicht setzen können, ein Gehalt von 12% Glykogen, ein Betrag, der weit über den Durchschnittswert von 4% in der Leber hinausgeht und für die Versuchsperson auszuschließen ist, die bei Arbeitsbeginn 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme kaum den Durchschnittsgehalt von 4% Leberglykogen gehabt haben dürfte. Ähnliche, zum Teil noch höhere Werte ergibt die Berechnung in den übrigen Fällen Bürgers, in denen er eine Abnahme sofort nach der Arbeit fand. Diese Resultate zeigen, daß sich aus dem Zuckerverbrauch im Blute keine quantitativen Schlüsse auf den Verbrauch im Gesamtorganismus ziehen lassen, sondern daß die jeweiligen Werte im Blute das Resultat von Verschiebungen des Gesamtzuckermaterials im Organismus sind, wobei der prozentuale Verbrauch aus den Organen bei starker Beanspruchung bedeutend höher ist als aus dem Blute.

Diese rechnerische Betrachtung gibt weiter eine Vorstellung davon, welch großer Eingriff in den Kohlehydratumsatz der betreffenden Versuchspersonen bei der von Bürger gewählten Versuchsanordnung gemacht wurde, indem 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme der Glykogenvorrat, der um die Zeit wohl kaum auf der Durchschnittshöhe stand, derart beansprucht wurde. Wir möchten die starken Senkungen des Blutzuckergehaltes, die Bürger noch mehrere Stunden nach der Arbeit fand, auf eine einfache Erschöpfung des Leberdepots zurückführen, nach der der übrige Fehlbetrag durch Glykogenneubildung aus anderen Reserven, zum Teil aus Eiweiß, erfolgen mußte, wobei infolge dieses viel langsameren Prozesses ein so lange anhaltender Ausschlag im Blut erfolgte. Von diesem Gesichtspunkte aus lassen sich auch ungezwungen diejenigen Fälle Bürgers verstehen, in denen es nach 16—20 Stunden (siehe dort Fall 4, 6, 7, 10) ohne erneute Nahrungszufuhr zu einem Wiederanstieg des Blutzuckers kam. Um jedoch diese Annahme einer Erschöpfung des Glykogendepots und Neubildung aus anderen Stoffreserven sicherzustellen, müßte das Tierexperiment eingreifen.

Bei unserer weniger eingreifenden Versuchsanordnung läßt sich ein guter Einblick in die Glykogenverschiebungen durch Muskelarbeit gewinnen. Wir möchten die Beziehungen zwischen Glykogenverbrauch im Muskel und Glykogenolyse im Leberdepot als einen Gleichgewichtszustand auffassen, dessen jeweilige Schwankungen wir am Zuckerwerte des als Bindeglied zwischen Muskel und Leberdepot dienenden Blutes erkennen. Die Regulierung stellen wir uns vor, einmal hervorgerufen durch Beziehung der vorhandenen Glykogenmengen zueinander: der Glykogenverbrauch im Muskel übt auf dem Wege über das Blut auf die Glykogenolyse in der Leber einen Reiz aus; dieser Reiz setzt, wenn von vornherein eine Glykogenarmut des Muskels besteht (etwa Fall 4, Bestimmung 1), besonders schnell und kräftig ein und führt

dann auf diesem Wege zur Hyperglykämie. Andererseits wirkt die Abnahme des Lebervorrats wieder hemmend, die Folge ist eine Hypoglykämie. Außer dieser Mengenbeziehung kommt eine chemische Komponente in Betracht. Es handelt sich beim Zuckerverbrauch um einen chemischen Abbauprozeß unter fermentativer Einwirkung, bei dem durch Abbauprodukte, etwa durch den Zucker selbst oder durch Ermüdungsstoffe wie Milchsäure, der Reaktionsablauf beeinflußt[5]) wird. Drittens kommen nervöse und psychische Einflüsse auf den fermentativen Prozeß in Frage, wie sie auch Bürger[4]) wenigstens für seine Fälle mit anfänglicher Erhöhung vermutet. Es ist verständlich, daß es unter solch komplizierten Beziehungen bei Menschen mit einigermaßen labilem Stoffwechsel leicht zu Schwankungen im Sinne einer Hyperglykämie oder Hypoglykämie kommen kann, daß auch Abweichungen nach beiden Richtungen bei ein und derselben Versuchsperson, besonders durch wechselnde nervöse und psychische Beeinflussung, vorkommen. Wie fein eingestellt diese Regulierungsvorgänge[5]) andererseits sind, zeigen die Fälle, in denen bei erheblicher Belastung der Blutzuckerwert kaum eine Abweichung nach der Arbeit aufweist.

## Literaturverzeichnis.

1. Weiland, Archiv f. klin. Med. **92**, 223. 1908.
2. Lichtwitz, L., Berliner klin. Wochenschr. 1914, Nr. 22.
3. Zachariae, G., Über den Einfluß der Muskelarbeit auf den Gehalt des Blutes an Zucker bei Gesunden und Diabetikern. Inaug.-Diss. Göttingen 1914.
4. Bürger, M., Zeitschr. f. d. ges. experiment. Medizin **5**, Heft 3. 1916.
5. Lichtwitz, L., Selbststeuerung des Reaktionsablaufs fermentativer Prozesse. Deutsche med. Wochenschr. 1917, Nr. 21.

## Lebenslauf.

Ich wurde am 20. Juli 1891 als Tochter des Realschullehrers August Lillie zu Hannover geboren. Nach Besuch der höheren Mädchenschule und der realgymnasialen Studienanstalt für Mädchen in Hannover bestand ich dort im März 1911 die Reifeprüfung. Ich studierte Medizin an den Universitäten Freiburg i. Br., Berlin, München und Göttingen, bestand im Juli 1913 die ärztliche Vorprüfung in Göttingen und im Mai 1916 die medizinische Staatsprüfung in Göttingen. Als Medizinalpraktikantin arbeitete ich an der medizinischen Universitätsklinik in Göttingen und an der inneren Abteilung des städtischen Krankenhauses in Altona von Juni 1916 bis Mai 1917. Seit Juni 1917 bin ich an der medizinischen Abteilung des städtischen Krankenhauses in Altona als Assistenzärztin tätig.

---

Herrn Professor Dr. Lichtwitz möchte ich auch an dieser Stelle für die Anregung zu der Arbeit und für seine liebenswürdige Unterstützung bei derselben meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Altona (Elbe), städt. Krankenhaus.

Gertrud Lillie,
Assistenzärztin.

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.